

Radioaktiivinen cesium Suomen ruokasienissä

E. Kostiainen, J.Ylipieti

Radioaktiivinen cesium Suomen ruokasienissä

E. Kostiainen, J. Ylipieti

Tässä raporttisarjassa esitetyt johtopäätökset ovat tekijöiden johtopäätöksiä, eivätkä ne välttämättä edusta Säteilyturvakeskuksen virallista kantaa.

ISBN 978-952-478-496-2 (nid.)

ISBN 978-952-478-497-9 (pdf)

ISSN 0781-1705

Edita Prima Oy, Helsinki 2010

Myynti:

STUK – Säteilyturvakeskus

PL 14, 00881 Helsinki

Puh. (09) 759 881

Faksi (09) 759 88500

KOSTIAINEN Eila, YLIPIETI Jarkko. Radioaktiivinen cesium Suomen ruokasienissä. STUK-A240 Helsinki 2010, 38 s. + liitteet 3 s.

Avainsanat: sienet, ^{137}Cs , säteilyannos

Tiivistelmä

Raportissa esitetään tuloksia Säteilyturvakeskuksessa vuonna 1986 aloitetuista sienten radioaktiivisen cesiumin seurantaohjelmista. Vuosina 1986–2008 on mitattu yli 2000 sieninäytettä, kauppasieniä ja muita yleisesti käytettyjä ruokasienilajeja. Sienissä havaittu ^{137}Cs on pääosin peräisin entisessä Neuvostoliitossa vuonna 1986 tapahtuneen Tshernobylin ydinvoimalaitosnettomuuden jälkeisestä ^{137}Cs -laskeumasta. Ydinkoekaudelta peräisin olevan kohtalaisen tasaisen laskeuman jälkeen ^{137}Cs -pitoisuudet sienissä 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa vaihtelivat muutamasta kymmenestä becquerelistä pariin sataan becquereliin kilossa. Vuoden 1986 ^{137}Cs -laskeuman epätaainen jakautuminen näkyy selvästi sienten ^{137}Cs -pitoisuuksien alueellisessa vaihtelussa, eniten laskeumaa saaneilla alueilla pitoisuudet ovat noin kymmenkertaisia verrattuna lievemman laskeuman alueisiin. Tshernobylin onnettomuuden jälkeen useimpien sienilajien ^{137}Cs -pitoisuudet olivat korkeimmillaan vuosina 1987–1988, jonka jälkeen pitoisuudet ovat vuoteen 2008 mennessä pienentyneet noin 40 prosenttiin maksimiarvoista. Eniten cesiumia sisältävissä sienilajeissa (kehnäsieni, mustavahakas, haaparousku) ^{137}Cs -pitoisuudet voivat olla kymmenkertaisia verrattuna vähän cesiumia kerääviin lajeihin (lampaankääpä, punikkitatit) samaltakin alueelta poimituissa sienissä.

Suomessa esiintyy edelleen muutamissa kauppasieniksi hyväksytyissä sienilajeissa ^{137}Cs -pitoisuuksia, jotka ylittävät EU-suosituksessa (2003/274/Euratom) myös EU:n jäsenmaissa noudatettavaksi suositellun pitoisuusrajan 600 Bq/kg. Siksi kauppasienten ^{137}Cs -pitoisuudet on syytä tarkistaa mittauksin ennen myyntiin laittamista lampaankääpää, herkkutattia ja kantarellia lukuun ottamatta, jos ne on poimittu eniten laskeumaa saaneilta alueilta. Yleisesti myynnissä olevien mustatorvisienien ja suppilovahveroiden ^{137}Cs -pitoisuudet näillä alueilla ylittävät usein raja-arvon 600 Bq/kg. Rouskujen alun perin korkeat ^{137}Cs -pitoisuudet pienenevät käsittelyssä, joten kaupan olevien kiehautettujen ja suolattujen rouskujen pitoisuudet harvoin ovat yli 600 Bq/kg.

Vaikka sienten ^{137}Cs -pitoisuudet ovat korkeitakin ja ylittävät myytävälle tuotteille suositellun enimmäisrajan, voi niitä käyttää ravinnoksi.

Tavanomaisista suhteellisen pienistä kulutusmääristä ei säteilyannosta kerry paljoakaan vuoden aikana. Sienten mukana saadusta ^{137}Cs :stä aiheutuva säteilyannos vuodessa keskivertokuluttajalle vaihtelee keruualueen laskeumatasosta riippuen välillä 1,5–10 $\mu\text{Sv/v}$ ja suurkuluttajalle (6 kg/v) välillä 5,4–38 $\mu\text{Sv/v}$. Annoksen suuruuteen vaikuttaa paitsi keruualueen laskeumataso ja kulutusmäärä, myös sienilaji ja sienten käsittely ruuaksi valmistettaessa.

KOSTIAINEN Eila, YLIPIETI Jarkko. Radioaktiivinen cesium Suomen ruokasienissä. STUK-A240. Helsinki 2010, 38 pp + Appendices 3 pp.

Keywords: mushrooms, ^{137}Cs , radiation dose

Abstract

Surveillance of radioactive cesium in Finnish mushrooms was started in 1986 at STUK. Results of the surveillance programs carried out in Lapland and other parts of Finland are given in this report. More than 2000 samples of edible mushrooms have been analysed during 1986–2008. The ^{137}Cs detected in the mushrooms mainly originates from the ^{137}Cs deposition due to the accident at the Chernobyl nuclear power plant in 1986. The ^{137}Cs concentrations of mushrooms in the end of 1970s and in the beginning of 1980s varied from some ten to two hundred becquerels per kilogram originating from the nuclear weapon test period. The uneven division of the Chernobyl fallout is seen in the areal variation of ^{137}Cs concentrations of mushrooms, the ^{137}Cs concentrations being about tenfold in the areas with the highest deposition compared to those where the deposition was lowest. After the Chernobyl accident the maximum values in the ^{137}Cs concentrations were reached during 1987–88 among most species of mushrooms. The ^{137}Cs concentrations have decreased slowly, being in 2008 about 40 per cent of the maximum values. The ^{137}Cs concentrations may be tenfold in the mushroom species with high uptake of cesium (*Rozites caperatus*, *Hygrophorus camarophyllus*, *Lactarius trivialis*) compared to the species with low uptake (*Albatrellus ovinus*, *Leccinum sp.*) picked in the same area.

The ^{137}Cs contents in certain species of commercial mushrooms in Finland still exceed the maximum permitted level, 600 Bq/kg, recommended to be respected when placing wild game, wild berries, wild mushrooms and lake fish on the market (Commission recommendation 2003/274/Euratom). Therefore, the ^{137}Cs concentrations of mushrooms should be measured before placing them on the market in the areas of the highest ^{137}Cs deposition, except for *Albatrellus ovinus*, *Boletus sp.* and *Cantharellus cibarius*. The ^{137}Cs concentrations of common commercial mushroom species, *Cantharellus tubaeformis* and *Craterellus cornucopioides* often exceed 600 Bq/kg in these areas. The high ^{137}Cs concentrations of *Lactarius* are reduced during treatment, and the ^{137}Cs contents in cooked and salted mushrooms on the market seldom exceed 600 Bq/kg.

While the ^{137}Cs concentrations of mushrooms are high and exceed the level recommended for mushrooms on the market, they still can be consumed. The radiation doses from the relatively small amounts of mushrooms normally consumed in a year are minor. The annual radiation dose from the ^{137}Cs in the mushrooms varies for an average consumer between 1.5–5 μSv and for a heavier consumer between 5.4–38 μSv according to the area where the mushrooms have been picked. The amount of the dose depends on the deposition level of the picking area and the consumption, also on the mushroom species consumed and the treatment of the mushrooms before consumption.

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	5
ALKUSANAT	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Sienien radioaktiivisen cesiumin alkuperä	10
1.2 Sienten kauppaa ja käyttöä koskevat rajoitukset	12
2. VALTAKUNNALLINEN SEURANTAOHJELMA	13
2.1 Aineisto ja menetelmät	13
2.1.1 Näytteenotto	13
2.1.2 Näytteiden käsittely	17
2.1.3 Kuiva-ainemäärytykset	17
2.1.4 Gammaspektrometriset mittaukset	18
2.1.5 Tulosten käsittely	19
2.2 Tutkimustulokset ja tulosten tarkastelu	19
2.2.1 Sienten ^{137}Cs -pitoisuudet ennen vuotta 1986	19
2.2.2 Sienten ^{137}Cs -pitoisuudet vuoden 1986 jälkeen	20
2.2.3 ^{137}Cs -pitoisuudet kauppasienissä vuonna 2008	21
3. POHJOIS-SUOMEN RUOKASIENTEN ^{137}CS -PITOISUUDET	23
3.1 Pohjois-Suomen kauppasienien ^{137}Cs -pitoisuustasot vuonna 2008	26
4. SIENTEN ^{137}CS -PITOISUUKSIEN VAIHTELU LAJEITTAIN	27
5. SIENTEN MUKANA SAADUSTA ^{137}CS :STÄ AIHEUTUVA SÄTEILYANNOS	29
6. CESIUMIN VÄHENTÄMINEN SIENISTÄ	32
7. SIENTEN RADIOAKTIIVISEN CESIUMIN MITTAAMINEN	33
7.1 Sienten ^{137}Cs -pitoisuustason selvittäminen paikallisesti	34
7.2 Myyntiin menevien sienten ^{137}Cs -pitoisuustason varmistaminen	35
KIRJALLISUUSVIITTEET	36
LIITE	39

Alkusanat

Säteilyturvakeskuksessa on seurattu sienten radioaktiivisuutta vuonna 1986 tapahtuneen Tshernobylin ydinvoimalaitosonnettomuuden jälkeen. Raportissa esitetään tuloksia radioaktiivisen cesiumin pitoisuuksista ja niiden alueellisesta vaihtelusta sekä arvioidaan sienien nauttimisesta aiheutuvaa säteilyaltistusta sekä kerrotaan menetelmistä, joilla voidaan vähentää sienten sisältämän cesiumin määrää ruuanlaiton yhteydessä. Näytemittauksilla on selvitetty radioaktiivisen cesiumin tasoa tunnetuimmissa sienilajeissa ja pitoisuuksien vaihtelua keruupaikkojen ^{137}Cs -laskeuman mukaan. Raportin tarkoituksena on antaa sienten kuluttajille tietoa niiden kautta aiheutuvasta säteilyaltistuksesta sekä mahdollisuuksista vähentää säteilyaltistusta lajivalinnan tai sienten käsittelyn avulla. Tieto eri sienilajien ^{137}Cs -pitoisuuksien vaihtelusta alueittain palvelee myös sienialalla toimivia yrittäjiä pitoisuusmittausten tarpeen arvioinnissa, jotta pitoisuusrajoja ylittäviä sieniä ei joutuisi markkinoille.

Näytteiden hankinnassa on ollut mukana lukuisa joukko sienestäjiä, joista monet ovat vuodesta toiseen toimittaneet näytteitä omilta sienestyspaikoiltaan. Yhteyksiä näihin yksityishenkilöihin on saatu mm. 4H-liiton ja Marttajärjestön kautta. Lisäksi on hyödynnetty Metsäntutkimuslaitoksen koemetsäalueilta Lapista kerättyjä sieninäytteitä sekä Oulun yliopiston biologian laitoksen kasvimuseolta saatuja näytteitä. Sienilajien tunnistuksessa on käytetty apuna sekä Marttajärjestön sienitunnistuspalvelua että paikallisen sieniseururan osaamista. Näyteanalyyseistä STUKissa ovat huolehtineet elintarviketutkimuksesta sekä gammaspektrometrisistä mittauksista vastuussa olleiden laboratorioden henkilöt.

Haluamme kiittää projektipäällikkö Aino Rantavaaraa ja laboratorionjohtaja Kristina Rissasta, jotka olivat sienten seurantaohjelmien alkuunpanijoita. Parhaat kiitoksemme kaikille näytteitä toimittaneille sienestäjille ja näytteenoton yhdyshenkilöille sekä STUKissa analyysityöhön osallistuneille henkilöille heidän tärkeästä työpanoksestaan.

1 Johdanto

Sienet keräävät radioaktiivista cesiumia samoin kuin raskasmetalleja runsaammin kuin kasvit. Sienirihmasto leviää laajalle ja pystyy tehokkaasti ottamaan kivennäisaineita maasta. ^{137}Cs -pitoisuudet sienissä ovat usein kymmentai satakertaisia samalla paikalla kasvaviin kasveihin verrattuina. Suuret erot sienten cesiumin otossa johtuvat paitsi keruupaikan maalajikoostumuksesta ja ravinteiden saatavuudesta myös eri sienilajien (juurisienet, lahottajat) erilaisista ravinteiden ottomekanismeista. Erot sienilajien välillä johtuvat kunkin sienilajin omista fysiologisista tekijöistä, joita ei vielä tunneta hyvin. Cesiumin kulkeutuminen maasta sieniin on usein tehokkaampaa juurisienillä kuin lahottajasienillä. ^{137}Cs -pitoisuudet vaihtelevat huomattavasti pieneltäkin alueelta poimituissa saman lajin sienissä, mikä johtuu muun muassa laskeuman epätaisaisuudesta ja kasvuolosuhteiden paikallisesta vaihtelusta (Kostiainen, 2005; Kostiainen, Hallikainen, 2007).

Metsäsieniä poimitaan Suomessa hyvänä sienivuotena kotitalouksien tarpeisiin 2,5–10 miljoonaa kiloa ja myyntiin 0,5–1,5 miljoonaa kiloa (Moisio, 2006). Sienten talteenottomäärät vaihtelevat suuresti vuosittain. Sienisadon vaihtelu luonnossa on suurempaa kuin marjoilla ja sienten vuosittaisissa poimintamäärissä ja lajivalikoimassa on suurta vaihtelua. Metsäsienten tärkeimmät myyntipaiminta-alueet ovat Itä-Suomessa. Länsi-Suomi ja Oulun lääni ovat viime vuosina kasvattaneet osuuttaan herkkutatien keruun lisäantyyssä. Kotitarvesienestäjät poimivat lähes 90 prosenttia vuosittain Suomessa poimituista sienistä. Arviolta noin 46 prosenttia aikuisväestöstä poimii sieniä vuosittain. Metsäsienten keskimääräinen vuosittainen kulutusmäärä vaihtelee puolesta kilosta kahteen kiloon henkeä kohti, joskin yksilöiden välillä kulutuksen vaihtelu on huomattavasti suurempaa (Pelkonen et al, 2006). Kotitalouksissa kulutettujen tuoreiden sienten kulutusmäärä henkilöä kohti oli 0,8 kiloa vuonna 2006 (Viinisalo et al, 2008). Kulutusmäärään sisältyvät kaupasta kotiin ostettujen ja itse kerättyjen sienien määrät. Sienten kulutusmäärä on pienentynyt verrattuna vuoteen 1998, jolloin se oli 1,4 kiloa henkilöä kohti. Sienten kulutusmäärissä sekä lajivalikoimassa on alueellisia eroja. Länsi- ja Pohjois-Suomen kulutusmäärät ovat noin puolet verrattuina Itä- ja Etelä-Suomen kulutuslukuihin.

Kauppasieniksi hyväksytyjä sienilajeja on 32 (Liite 1), mutta käytännössä sienikaupassa vain muutamalla lajilla on merkitystä. Tärkeimpiä lajeja kaupan kannalta ovat herkkutatit ja rouskut, joiden kauppaantulomäärät ovat huomattavasti suurempia kuin muiden lajien (MMM, 2008). Yleisiä myyntiin tulevia sieniä ovat korvasieni, keltavahvero eli kantarelli, suppilovahvero ja mustatorvisieni. Muita vähäisessä määrin myyntiin tulevia lajeja ovat lampaan-

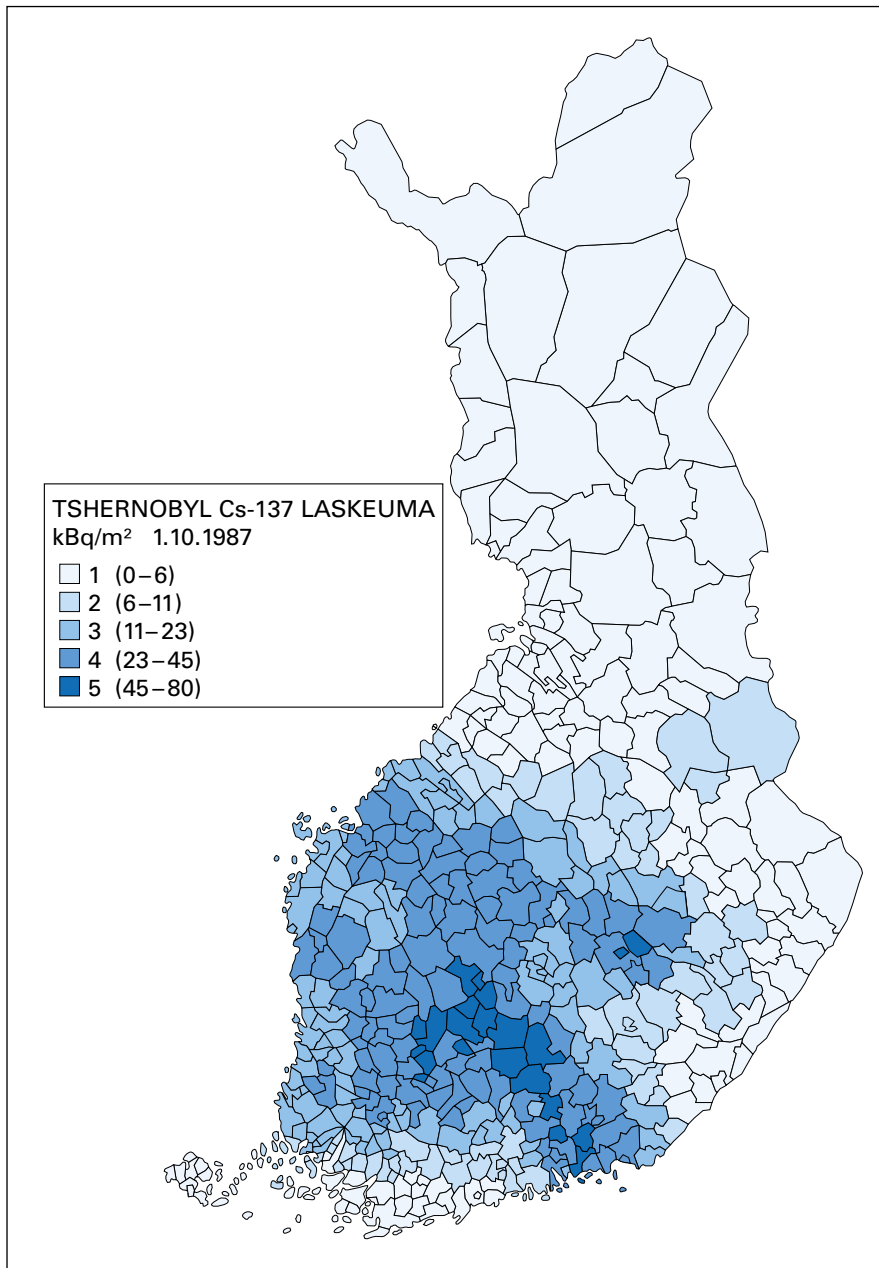
kääpä, kangastatti, vaaleaorakas, haperot, tuoksuvalmuska, leppärousku ja huhkasieni. Kotitarvepoimijat keräävät syötäväksi myös monia kauppasieniin kuulumattomia ruokasienilajeja.

1.1 Sienien radioaktiivisen cesiumin alkuperä

Ympäristöön on kulkeutunut radioaktiivista cesiumia sekä ydinkokeiden seurauksena 1950- ja 1960-luvuilla tulleen laskeuman että vuonna 1986 tapahtunutta Tshernobylin ydinvoimalaitosonnettomuutta seuranneen laskeuman mukana. Ydinkoekauden jälkeinen laskeuma jakaantui maahamme melko tasaisesti, kun taas Tshernobylin onnettomuus entisessä Neuvostoliitossa (nyk. Ukraina) aiheutti laajoilla alueilla radioaktiivisten aineiden laskeuman, joka jakautui tuulten ja sateen vaikutuksesta hyvin epätasaisesti eri puolille maatamme (Kuva 1) (Arvela et al, 1990).

Eniten laskeumaa tuli Keski- ja Etelä-Suomeen alueille, joilla satoi radioaktiivisen pilven ylikulun aikana. Pohjois-Suomeen ja osiin Itä-Suomea laskeumaa tuli vähän. Sienten kautta saatavan säteilyannoksen kannalta merkittävin aine on pitkäikäinen ^{137}Cs , jonka puoliintumisaika on 30 vuotta. Vuoden 1986 laskeumassa oli mukana myös lyhytikäistä ^{134}Cs :ää (puoliintumisaika 2,06 vuotta) noin 50 prosenttia ^{137}Cs :n määrästä.

Nykyisin Suomen metsäsienissä havaittava pitkäikäinen ^{137}Cs on peräisin pääasiassa Tshernobylin onnettomuudesta ja vähäisessä määrin 1950–60-luvuilla tehtyjen ydinasekokeiden maailmanlaajuisesta laskeumasta. Sienet sisältävät pitkäikäistä radioaktiivista cesiumia kymmeniä vuosia laskeuman jälkeen, koska helppoliukoinen ^{137}Cs pysyy metsäympäristössä kauan maan eloperäisessä pintakerroksessa sienille käyttökelpoisessa muodossa. Sen määrä vähenee radioaktiivisen hajoamisen kautta pari prosenttia vuodessa, joten vuonna 2009 on jäljellä noin 60 prosenttia Tshernobylin laskeuman mukana tulleesta ^{137}Cs :stä. ^{137}Cs -pitoisuuksien pieneneminen sienissä on tapahtunut suunnilleen radioaktiivisen hajoamisen mukaisella nopeudella (Kostiainen, 2007). Sienten ^{137}Cs -pitoisuuksien vähenemisnopeuteen vaikuttaa myös cesiumin kulkeutuminen syvemmälle maahan sienirihmastojen alla oleviin maakerroksiin. Tämä kulkeutuminen on kuitenkin hyvin hidasta. Vuosina 2000–2003 tehdyn kartoituksen perusteella Tshernobylin-laskeuma on edelleen maan pintahumuskerroksessa (Ylipieti et al, 2008).



Kuva 1. Tshernobylin onnettomuuden aiheuttaman ¹³⁷Cs-laskeuman alueellinen jakautuminen kuntien keskimääräisen laskeumatason mukaisesti viiteen luokkaan (1.10.1987, kBq/m²).

1.2 Sienten kauppaa ja käyttöä koskevat rajoitukset

Euroopan unionin komissio on antanut vuonna 2003 luonnontuotteiden radioaktiivisen cesiumin (cesium-134 ja cesium-137) pitoisuuksia koskevan suosituksen (2003/274/Euratom). Sen mukaan EU:n alueella myytävien luonnontuotteiden kaupassa tulee noudattaa neuvoston asetuksessa (ETY) N:o 737/90 annettuja cesium-134:n ja cesium-137:n enimmäistasoja 600 Bq/kg. Suositus koskee luonnonvaraista riistaa, metsämarjoja ja -sieniä sekä järvien petokaloja. Raja-arvo 600 Bq/kg on EU-alueelle muista maista tuotaville elintarvikkeille asetettu voimassa oleva raja (Neuvoston asetukset (ETY) N:o 737/90 ja (EY) N:o 616/2000). Suomessa esiintyy edelleen muutamissa kauppasieniksi hyväksytyissä ruokasienilajeissa ¹³⁷Cs-pitoisuuksia, jotka ylittävät tämän EU-suosituksessa annetun kauppaa koskevan raja-arvon 600 Bq/kg.

Kesällä 1986 annettiin Suomessa suositus sienten käytöstä aiheutuvan säteilyaltistuksen pienentämiseksi. Suosituksessa kehoitettiin väestöä rajoittamaan tattien kulutusta yhteen kiloon viikossa eniten laskeumaa saaneilla alueilla. Samalla tiedotettiin kahteen kertaan keittämisen vähentävän radioaktiivisen cesiumin määrää sienissä ainakin kolmanteen osaan alkuperäisestä. Myöhempinä vuosina ei ole katsottu olevan tarvetta antaa sieniä koskevia käytörajoituksia, koska sienten kulutuksesta aiheutuva säteilyannoksen lisäys on arvioitu hyvin vähäiseksi pienistä kulutusmääristä johtuen. Sienten radioaktiivisen cesiumin pitoisuustasosta on tiedotettu satokausittain sekä annettu ohjeita kuluttajille sienten käsittelystä säteilyaltistuksen vähentämiseksi.

2. Valtakunnallinen seurantaohjelma

Sienten radioaktiivisen cesiumin pitoisuuksien seuranta aloitettiin Säteilyturvakeskuksessa Tshernobylin onnettomuuden jälkeen vuonna 1986, josta alkaen seurantaa on jatkettu satokausittain. Lapin sienten radioaktiivisen cesiumin pitoisuuksia on seurattu erillisessä ohjelmassa, jonka tulokset esitetään luvussa 3. Valtakunnallisen ohjelman näytteenottoalueena on ollut pääasiassa koko muun Suomen alue.

2.1 Aineisto ja menetelmät

2.1.1 Näytteenotto

Tshernobylin onnettomuuden jälkeen on analysoitu kaikkiaan runsaat 2100 sieninäytettä yli 60 ruokasienilajista pääpainon ollessa eniten kulutetuissa kauppasienissä (Taulukot 1 ja 2).

Taulukko 1. Kauppasieninäytteiden lukumäärät eri ajanjaksoina.

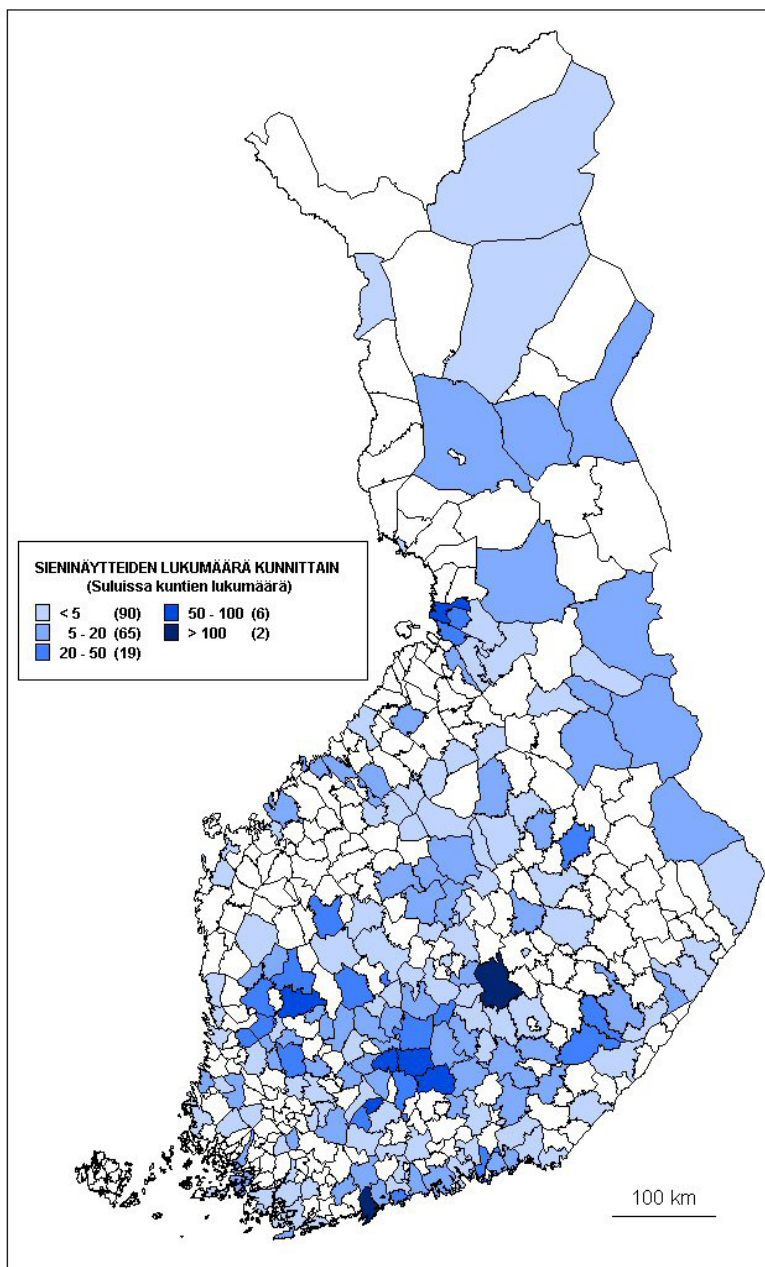
Näytelaji	1976–81	1984	1986	1987–90	1991–95	1996–00	2001–08	Yht.
Haperot	16		11	26	14	48	68	183
Herkkutatit		2	8	18	14	33	43	118
Kangastatti	14	2	10	18	18	24	16	102
Kantarelli		4	18	44	23	25	65	179
Kehnäsieni	1		5	11	13	24	29	83
Korvasieni		2	10	1	1	5	14	33
Lampaankääpä			2	7	8	16	28	61
Mesisienet			2	3	-	-	3	8
Mustatorvisieni			1	12	4	4	37	58
Mustavahakas			1	2	2	5	10	20
Orakkaat			3	3	3	10	33	52
Punikkitatit	12	1	11	21	17	22	36	120
Rouskut	14	8	48	89	106	144	128	537
Suppilovahvero			8	16	30	24	86	164
Tuoksuvalmuska			-	-	-	1	28	29
Voitatti			3	6	4	4	7	24
	57	19	141	277	257	389	631	1771

Taulukko 2. Muiden ruokasieninäytteiden lukumäärät eri ajanjaksoina.

Näytelaji	1976–81	1986	1987-90	1991–95	1996–00	2001–08	Yht.
Haarakkaat		-	1	1	4	1	7
Haperot	1	18	24	17	27	24	110
Herkkusienet		2	-	-	1	5	8
Juurekkaat		-	6	1	2	2	11
Kantosienet		-	2	-	3	2	7
Kupusienet		-	2	-	2	8	12
Kurttusieni		-	-	1	1	-	2
Lahokat		4	3	-	-	1	8
Lehmäntatti	6	3	1	2	6	7	29
Limanuljaska		-	-	-	1	3	4
Lohisienet		-	1	-	1	-	2
Malikat		-	-	-	1	1	2
Mustesienet		-	-	-	-	1	1
Nummitatti		1	1	3	8	4	17
Piispanhiippa		-	1	-	-	2	3
Rouskut		18	13	7	17	10	65
Samettitatti		-	1	-	-	-	1
Sekatatit		9	11	19	1	5	45
Suomuurakas		-	1	-	-	5	6
Ukonsieni		-	-	-	1	3	4
Vahakkaat		1	1	-	3	-	5
Valmuskat		1	2	-	4	1	8
	7	57	75	51	82	85	357

Näytteenotossa tavoitteena on ollut hankkia näytteitä eri sienilajeista lajikohtaisten erojen havaitsemiseksi. Alueellisen vaihtelun selvittämiseksi näytteenotto on kohdistettu eri laskeumatasoa edustaville alueille. Näytteitä on hankittu noin 180 kunnan alueelta eri puolilta Suomea (Kuva 2). Eri lajien välisen pitoisuuksien vaihtelun ja ajallisten muutosten tutkimista varten muutamilla paikoilla näytteenottoa on jatkettu vuosittain aina vuodesta 1986 lähtien. Tshernobylin onnettomuutta edeltäneen ajan pitoisuustason selvittämiseksi saatiin 1970-luvulta ja 1980-luvun alkupuolelta peräisin olleita kuivattuja sieni-

näytteitä analysoitavaksi Oulun yliopiston biologian laitoksen kasvimuseolta. Suurin osa näistä näytteistä oli Oulun ja Lapin läänien alueilta. Sieninäytteet on hankittu pääasiassa yksityishenkilöiltä eri puolilta maata. Yhteyksiä yksityisiin sienestäjiin on saatu muun muassa 4H-liiton ja Marttaliiton kautta. Useat STUKin työntekijät ovat toimittaneet näytteitä omilta sienestyspaikoiltaan. Näytteet ovat pääosin kotitarvesienestäjien poimimia ja kunkin sienestäjän toimittamat näytteet kuvaavat siten heidän sienestysalueiltaan löytyviä lajeja. Sienten ¹³⁷Cs-pitoisuuksien paikallista vaihtelua selvitettiin tarkemmin Elintarviketurvallisuusviraston, Säteilyturvakeskuksen ja Sastamalan perusturvakuntayhtymän yhteishankkeessa vuonna 2005. Näytteet hankittiin Sastamalan kuntayhtymän alueelta useista eri paikoista (Kostiainen, Hallikainen, 2007).



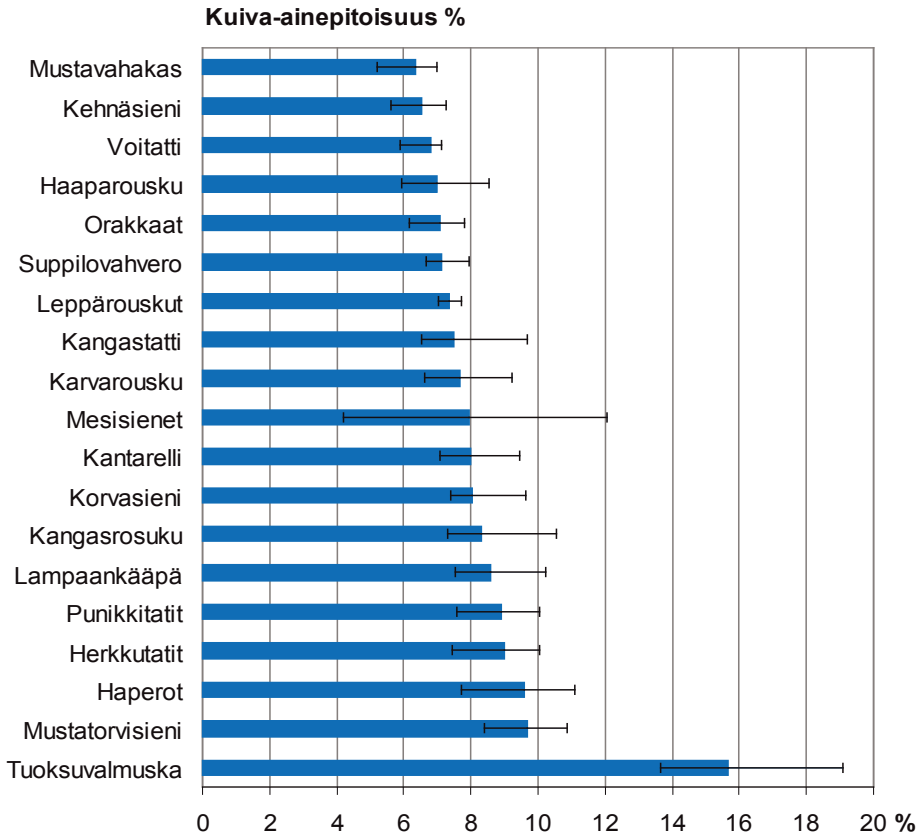
Kuva 2. Näytteenoton jakautuminen kunnittain.

2.1.2 Näytteiden käsittely

Näytteet on toimitettu tuoreina STUKiin, jossa ne on esikäsitelty mittausta varten. Näytteiden edustavuudessa on ollut eroja, koska näytekoot ovat vaihdelleet huomattavasti, parista sienestä jopa pariin kiloon sieniä. Näytteissä ovat olleet mukana sienistä sekä lakit että jalat lukuun ottamatta niitä sienilajeja, joista vain lakit käytetään ravinnoksi. Esimerkiksi mesisienistä on otettu näytteeseen mukaan vain lakit, koska niiden jalkoja ei käytetä ruuanvalmistuksessa. Ennen mittausta sienet on puhdistettu harjaamalla näkyvästä mullasta ja roskista ja vain tarvittaessa huuhdeltu juoksevalla vedellä. Sienet on paloiteltu ja kuivattu vakipainoon 105°C:ssa. Kuivatut sienet on jauhettu hienoksi ennen mittaustastiaan laittamista. Muutamat näytteistä on mitattu tuoreina, paloiteltuina ja pakattuina mahdollisimman tiiviisti mittaustastiaan.

2.1.3 Kuiva-ainemääritykset

Kaikille sieninäytteille on tehty kuiva-ainemääritykset punnitsemalla näytteet ennen ja jälkeen kuivauksen. Tuoreina mitattujen näytteiden tulokset on laskettu kuivapainoa kohti käyttäen kunkin näytteen omaa kuiva-ainepitoisuutta. Kuivapainoa kohti esitetyt tulokset (Bq/kg kp.) ovat keskenään paremmin vertailukelpoisia, koska sieninäytteiden kuiva-ainepitoisuuksissa voi olla suuriakin mm. keruuajankohdan säätilasta johtuvia vaihteluita. Yleisesti sienille käytetään kuiva-ainepitoisuutena 10 prosenttia. Koska eri sienilajien kuiva-ainepitoisuuksissa on huomattavia eroja, olemme käyttäneet tässä työssä aineistosta laskettuja lajikohtaisia mediaaniarvoja muunnettaessa pitoisuuksia tuorepainoa kohti (Bq/kg tp.). Näytteiden kuiva-ainepitoisuuksista johtuvat erot on näin minimoitu. Kauppasienten kuiva-ainepitoisuuksien mediaanit ja kvartiilivälit (q1–q3) on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Kauppasienten kuiva-ainepitoisuuksien vaihtelu (mediaani, q1–q3).

2.1.4 Gammaspektrometriset mittaukset

Radioaktiivisen cesiumin pitoisuudet näytteissä on määritetty gammaspektrometrisellä mittauksella. Säteilyn ilmaisimina on käytetty germanium-ilmaisimia ja spektrit analysoitu tietokoneohjelman GAMMA avulla (Sinkko, 1981). Mittauksissa on käytetty mittausastioita, joiden tilavuudet ovat 35, 110 tai 500 millilitraa. Mittausastia on valittu näytekoon mukaisesti. Mittausaika on vaihdellut vajaasta tunnista puoleen vuorokauteen. Mittausaika on valittu näytteen aktiivisuuspitoisuuden mukaan, tavoitteena alle 10 prosentin mittausepävarmuus yhden standardipoikkeaman mukaisena.

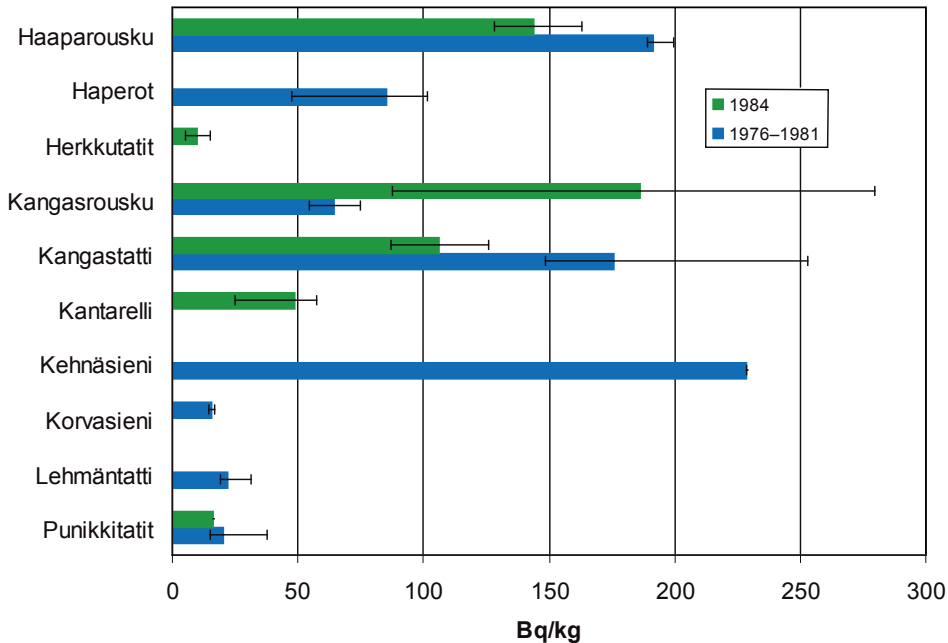
2.1.5 Tulosten käsittely

Näyteaineiston hajanaisuuden vuoksi tulosten käsittelyssä on jouduttu yhdistämään eri lajeja ryhmiksi sekä muodostamaan aikajaksoja. Lajien yhdistelyssä on käytetty seuraavia ryhmiä: punikkitatit (koivun-, männyn- ja haavanpunikitatti), herkkutatit (herkku-, männynherkku- ja tammenherkkutatti), leppärouskut (männyn- ja kuusenleppärousku), haaparouskut (haapa- ja kalvashaa-parousku), orakkaat (vaalea- ja rusko-orakas). Kaikki haperolajit on käsitelty yhtenä ryhmänä, kauppasieniä koskevassa aineistossa kuitenkin vain kauppasieniin kuuluvat haperolajit ovat olleet mukana. Käytetyt aikajaksot ovat: 1976–79, 1984, 1986, 1987–89, 1990–94, 1995–99 ja 2000–08. Vuosien 1986–2008 aineisto on jaettu näytteenottoaikkojen laskeumatasojen perusteella alueellisesti kolmeen ryhmään, alueet 1, 2–3 ja 4–5 (Kuva 1). Pohjois-Suomen tulokset on käsitelty erikseen (Luku 3), sillä muualla Suomessa alueen 1 laskeumataso on jonkin verran korkeampi kuin Pohjois-Suomessa. Pohjois-Suomen ja Etelä-Suomen ympäristöolosuhteissa on myös eroja. Pohjois-Suomessa ruokasienien lajimäärä on suppeampi kuin muun Suomen alueella 1.

2.2 Tutkimustulokset ja tulosten tarkastelu

2.2.1 Sienten ^{137}Cs -pitoisuudet ennen vuotta 1986

Ilmakehässä 1950–1960 -luvuilla tehtyjen ydinasekokeiden seurauksena tulleen laskeuman aiheuttamat ^{137}Cs -pitoisuudet sienissä vaihtelivat 1970-luvun lopun näytteissä muutamasta kymmenestä becquerelistä pariin sataan becquereliin kilossa (Kuva 4). Ydinkoekauden ^{137}Cs -laskeuma jakautui alueellisesti kohtalaisen tasaisena koko maahan ja oli keskimäärin 2 kBq/m^2 1970-luvun lopulla (Salo et al, 1984), samaa suuruusluokkaa kuin vuoden 1986 jälkeinen laskeuma kaikkein lievimmän laskeuman alueilla Pohjois- ja Itä-Suomessa. Laskeuman tasaisen jakautumisen takia sienten ^{137}Cs -pitoisuuksissa ei ollut suuria alueellisia eroja. 1970-luvun lopulla pitoisuudet olivat samaa tasoa tai jonkin verran pienempiä kuin 2000-luvun alussa laskeuma-alueella 1.

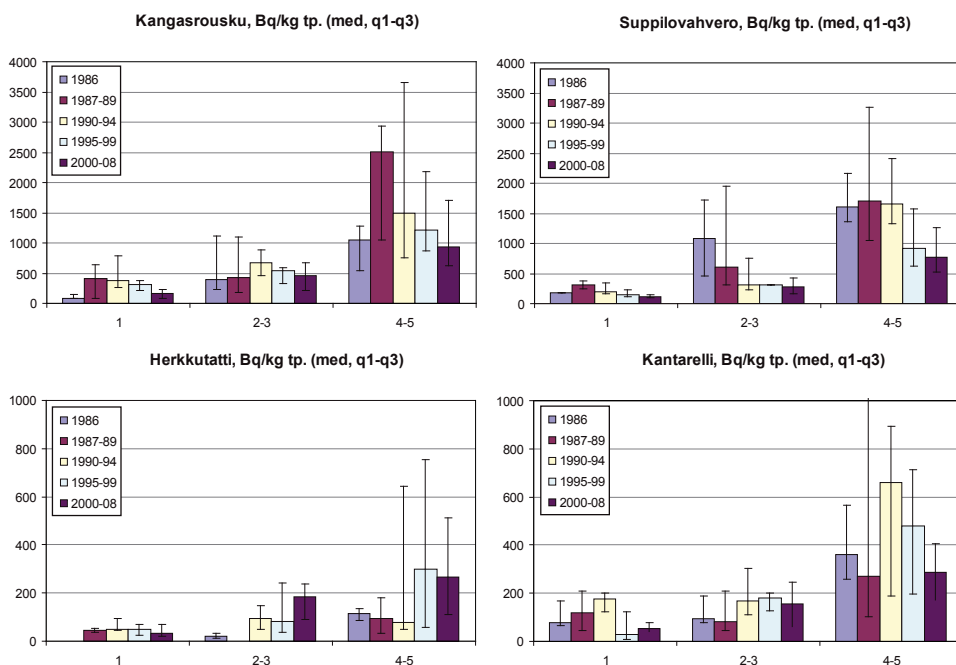


Kuva 4. ^{137}Cs -pitoisuudet (mediaani, q1–q3) vuosina 1976–79 ja 1984 poimituissa sieninäytteissä, Bq/kg tuorepainoa.

2.2.2 Sienten ^{137}Cs -pitoisuudet vuoden 1986 jälkeen

Vuonna 1986 sienten ^{137}Cs -pitoisuudet nousivat selvästi ja pitoisuuksissa oli huomattavia alueellisia eroja johtuen ^{137}Cs -laskeuman epätasaisesta jakautumisesta (Rantavaara, 1987). Vuoden 1986 laskeuman mukana tullutta lyhytikäistä ^{134}Cs :ää havaittiin myös sienissä aina 1990-luvun puoliväliin saakka. Sienten ^{134}Cs -pitoisuudet olivat vuonna 1986 laskeuma-alueilla 4–5 noin 0,5-kertaisia ja vähiten laskeumaa saaneilla alueilla 0,2-kertaisia ^{137}Cs -pitoisuuksiin verrattuina (Rantavaara, 1987). ^{134}Cs väheni nopeasti lyhyen puoliintumisaikansa takia ja vuoden 1990 sieninäytteissä ^{134}Cs :n osuus oli enää noin kymmenen prosenttia ^{137}Cs :n määrästä. Tshernobylin onnettomuuden jälkeen ^{137}Cs -pitoisuudet sienissä olivat useimpien lajien kohdalla korkeimmillaan vuosina 1987–88, jonka jälkeen ne ovat hiljalleen laskeneet 20 vuodessa noin 40 prosenttiin maksimiarvoista. ^{137}Cs -laskeuman alueellinen jakauma näkyy selvästi sienten ^{137}Cs -pitoisuuksissa. Vähiten laskeumaa saaneella alueella (alue 1) ^{137}Cs :n keskipitoisuudet ovat pienimpiä ja myös pitoisuuksien vaihtelu on vähäisintä. Eniten laskeumaa saaneella alueella (alueet 4–5) keskimääräiset ^{137}Cs -pitoisuudet ovat korkeimpia ja vaihtelu voi olla samankin lajin

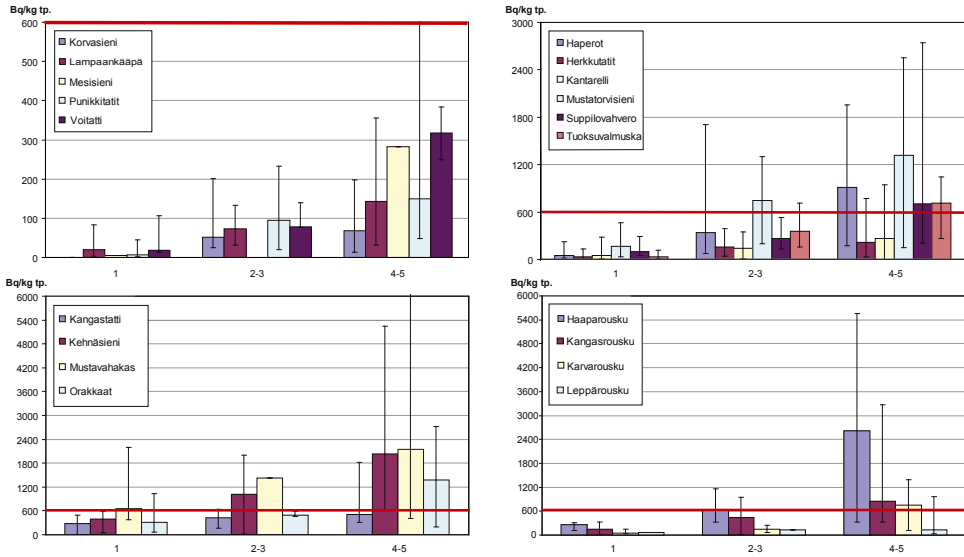
kohdalla kaksin- tai jopa viisinkertaista. Kuvassa 5 on muutamien sienilajien ^{137}Cs -pitoisuuksien vaihtelu laskeuma-alueittain eri ajanjaksoina. Sienten radioaktiivisen cesiumin pitoisuuksien ajallinen kehitys määräytyy radiocesiumin syvyyskulkeutumisen ja sienirihmaston sijainnin suhteesta. Sienillä, jotka ottavat ravinteensa syvemmältä maasta, ^{137}Cs -pitoisuudet nousevat hitaammin kuin sienillä, joiden rihmastot sijaitsevat lähellä maan pintaa. Esimerkiksi herkkutatti pitoisuushuippu on myöhemmin kuin rouskuilla tai suppilovahverolla.



Kuva 5. ^{137}Cs -pitoisuudet (Bq/kg tuorepainoa) eri ajanjaksoina alueilla 1, 2–3 ja 4–5, mediaanit ja kvartiilit.

2.2.3 ^{137}Cs -pitoisuudet kauppasienissä vuonna 2008

Lajikohtaisten ^{137}Cs -pitoisuuksien tämänhetkisen tason arvioimisessa on käytetty vuosien 2000–2008 näyteaineistoa. Cesium-137 -pitoisuudet on laskettu päivämäärään 1.10.2008, jolloin radioaktiivisesta hajoamisesta aiheutuva vuosittainen pitoisuuksien pieneneminen (2,3 prosenttia vuodessa) on otettu huomioon. Kauppasienten ^{137}Cs -pitoisuuksien vaihtelu alueittain näkyy kuvassa 6.



Kuva 6. ^{137}Cs -pitoisuudet kauppasienissä (Bq/kg tp.) alueilla 1, 2–3 ja 4–5 vuosien 2000–2008 näytteissä (1.10.2008), mediaani ja vaihteluväli. Kuviin on merkitty EU-suosituksen mukainen enimmäisarvo 600 Bq/kg.

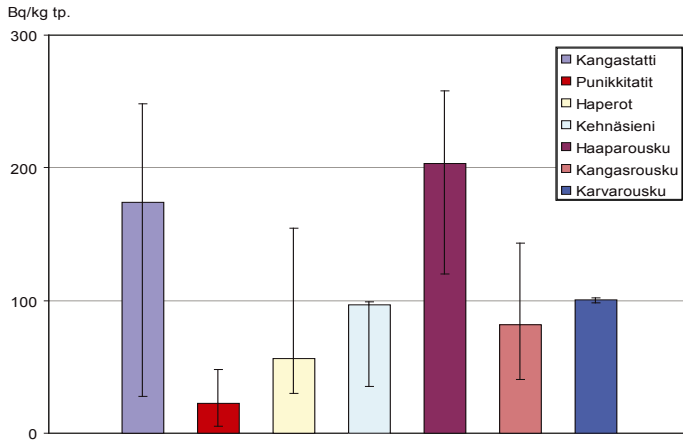
3. Pohjois-Suomen ruokasienten ^{137}Cs -pitoisuudet

Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden aiheuttama radioaktiivisen cesiumin laskeuma oli Pohjois-Suomen osalta pieni. Sen sijaan 50- ja 60-luvulla tehtyjen ydinasekokeiden vaikutus on ollut merkittävämpi sienien ^{137}Cs -pitoisuuksiin Pohjois-Suomessa (Rissanen et al.). Yleisimmin kerätyt kauppasienet Pohjois-Suomessa ovat haaparousku, kangasrousku, kangastatti, punikkittatti ja korvasieni (Tuomisen yrittäjä et al., 1994). Viime vuosina myös tuoksuvalmuska eli Matsutake on tullut tunnetuksi ja sen kaupallista hyödyntämistä on selvitetty laajalti sen tultua hyväksytyksi kauppasieneksi vuonna 2007.

Pohjois-Suomesta on analysoitu kaikkiaan 669 sieninäytettä ajalta 1981–2008. Taulukossa 3 on lajiteltu analysoidut sienet sukunsa mukaisesti vuoden 1989–2008 osalta ja eroteltu ne keräyspaikkansa mukaisesti joko Kivalosta tai muualta kerättyihin sieninäytteisiin. Vuosien 1981–1985 ja 1986–1988 sieninäytteet ovat taulukossa 3 jaoteltuna keräyspaikkansa mukaisesti. Kaikista Pohjois-Suomen sieninäytteistä 63 % on kerätty Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusmetsistä Kivalon alueelta. Kivalon alue sijaitsee Rovaniemen kaupungista n. 50 km kaakkoon. Loput sieninäytteistä on kerätty varsin kattavasti ympäri Lapin ja osittain Oulun läänin. Taulukossa 3 sukunsa mukaisesti luokittelemattomat sienet (muut) ovat: kehnäsieni, korvasieni, tuoksuvalmuska, mustavahakas, mesisieni, orakkaat ja lampaankääpä.

	Kivalo	Muut
Tatit	97	56
Haperot	114	29
Rouskut	94	54
Muut	45	13
1981–1985	71	0
1986–1988	0	96
	421	248

Taulukko 3. Pohjois-Suomesta analysoidun ruokasienten näytemäärät sienisukunsa ja keräyspaikkojensa mukaisesti lajiteltuna.

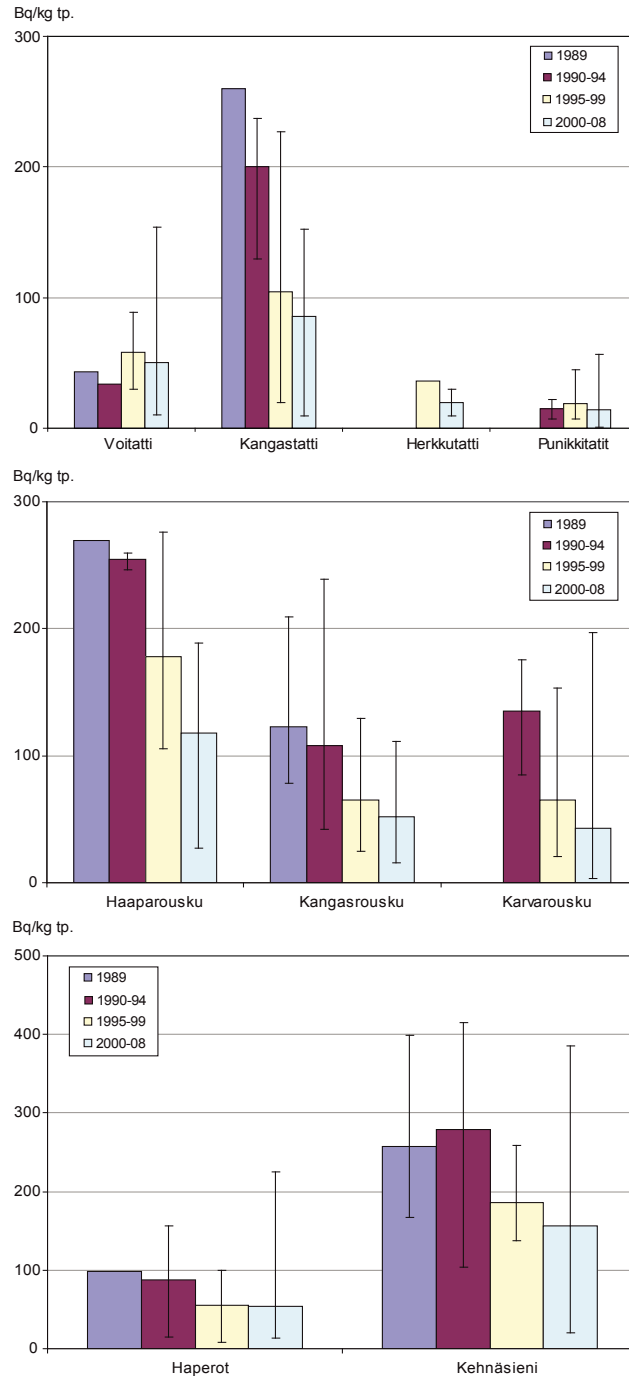


Kuva 7. Pohjois-Suomesta poimittujen kauppasienten ^{137}Cs -pitoisuuksien mediaanit ja vaihteluvälit (minimi ja maksimi) vuosina 1981-85.

Kuivien kankaiden osuus metsämaasta Pohjois-Suomessa on merkittävä kun taas tuoretta kangasta on Pohjois-Suomessa metsämaasta huomattavasti vähemmän. Pohjoinen metsämaa on karua ja niukkaravinteista, mikä edistää radioaktiivisten aineiden kulkeutumista maasta sieniin. Lisäksi Pohjois-Suomi poikkeaa Etelä-Suomen luonnosta laajojen suoalueidensa ansiosta. Lapin kuntien pinta-alasta 30–60 % on vähän kaliumia sisältävää suota.

Vuosina 1981–1985 ^{137}Cs -pitoisuuksien mediaanit haaparouskuissa, kangastatissa, kehnäsienissä, karvarouskuissa sijoittuivat välille 100–200 Bq/kg:ssa tuorepainoa. Kangasrouskun ja haperoiden osalta päästiin alle 100 Bq/kg tuorepainoa kohti ja punikkitattien osalta jopa alle 50 Bq/kg:ssa (Kuva 7).

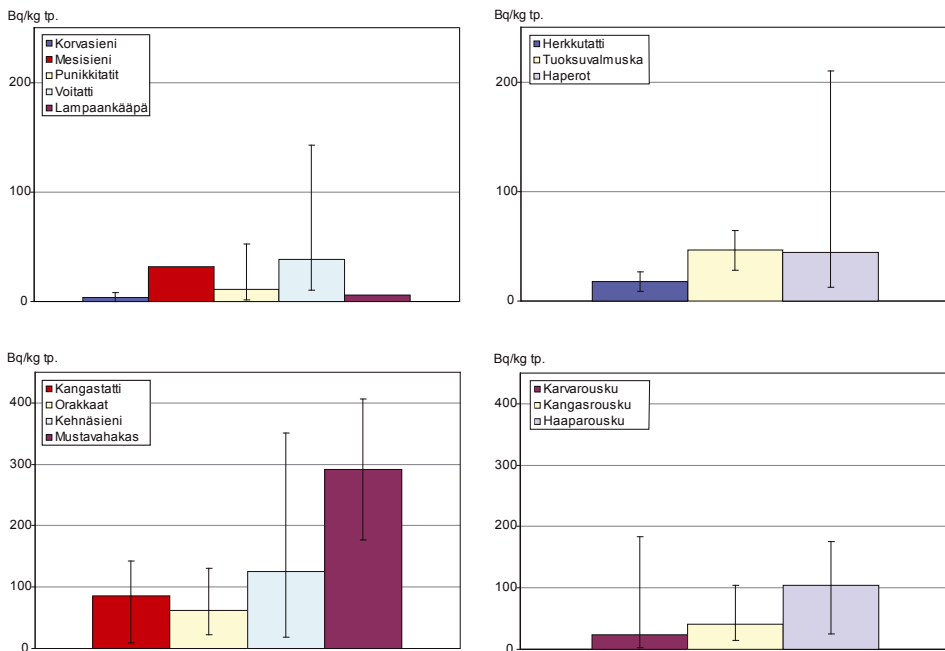
Vuoden 1986 jälkeen cesium-pitoisuuden lisäys Pohjois-Suomessa oli haaparouskun ja kangasrouskun kohdalla 50–100 Bq/kg. Kaikkiaan Pohjois-Suomen alueelle tullut Tshernobyl-laskeuma oli vähäinen ja tasaisesti jakautunut eikä kauppasienten osalta 600 Bq/kg ylittäviä arvoja ole mitattu vuoden 1986 jälkeen lainkaan. Osoituksena vähäisestä Tshernobylistä peräisin olevasta radioaktiivisen cesiumin laskeumasta on vuosina 1989–1994 mitatut ^{134}Cs -pitoisuudet. Kauppasienten ^{137}Cs -pitoisuudet ovat laskeneet vuoden 1986 jälkeen hitaasti (Kuva 8). Selvintä laskeva trendi on ollut haaparouskun, kangasrouskun ja kangastatin osalta kun taas vähemmän ^{137}Cs :ää sisältävillä lajeilla kuten punikkitatilla selvää laskevaa trendiä on vaikeampi erottaa.



Kuva 8. Pohjois-Suomen kauppasienien ^{137}Cs -pitoisuuksien keskiarvot vaihteluväleineen eri ajanjaksoina.

3.1 Pohjois-Suomen kauppasienien ^{137}Cs -pitoisuustasot vuonna 2008

Pohjois-Suomen sienten lajimäärä on huomattavasti Etelä-Suomen sienilajistoa suppeampi eikä esimerkiksi Etelä-Suomessa suosittuja herkkutatteja, kelta- ja suppilovahveroita esiinny kuin erittäin harvoissa lehtomaisissa metsissä. Herkkutatien pitoisuutta edustaa muutama tutkittu yksilö. Jaettaessa Pohjois-Suomen kauppasienet sukunsa mukaisesti tatteihin, haperoihin ja rouskuihin, voidaan vuosina 1989–2008 yhden Lapin läänin kunnan alueelta seurattujen pitoisuuksien keskiarvojen olevan luokkaa alle 50 Bq/kg tateilla, alle 150 Bq/kg haperoilla ja alle 300 Bq/kg rouskuilla. Lisäksi kangastatti (*Suillus*) sijoittuu luokkaan alle 300 Bq/kg. Tuoksuvalmuskojen ^{137}Cs -pitoisuudet olivat myös alhaista, alle 50 Bq/kg tasoa. Korvasieninäytteitä tutkittiin vain muutama kappale vuosina 2000–2008 ja kaikissa ^{137}Cs -pitoisuudet jäivät alle 5 Bq/kg (Ylipieti et al, 2009).



Kuva 9. Pohjois-Suomen kauppasienten ^{137}Cs -pitoisuuksien mediaanit ja vaihteluvälit sienilajeittain vuonna 2008.

4. Sienten ¹³⁷Cs-pitoisuuksien vaihtelu lajeittain

Eri sienilajien ¹³⁷Cs-pitoisuudet voivat vaihdella samaltakin alueelta poimituissa sienissä muutamasta becquerelistä aina joihinkin tuhansiin becquereleihin. Käytetyn näyteaineiston kauppasienet jaettiin kolmeen ryhmään pitoisuustason mukaisesti. Ryhmään 1 kuuluvat sienilajit keräävät vähän radioaktiivista cesiumia ja ryhmään 3 kuuluvat eniten:

Ryhmä 1: korvasieni, lampaankääpä, mesisienet, huhtasienet, punikkitatit, voitatti, herkkutatit, kantarelli, tuoksuvalmuska

- ¹³⁷Cs-pitoisuudet jäävät alle EU:n suosituksessa annetun enimmäisrajan 600 Bq/kg myös eniten laskeumaa saaneilla alueilla. Vain satunnaisesti voi löytyä yli 600 Bq/kg olevia pitoisuuksia.

Ryhmä 2: haperot, kosteikko- ja suppilovahvero sekä mustatorvisieni

- 600 Bq/kg ylittyy yleisesti laskeuma-alueilla 3–5, mutta lievän laskeuman alueilla (alueet 1–2) harvoin löytyy suositusrajan ylittäviä ¹³⁷Cs-pitoisuuksia.
- myyntiä varten tämän ryhmän sienien ¹³⁷Cs-pitoisuudet on syytä tarkistaa mittauksin, jos ne on poimittu laskeuma-alueilta 3–5.

Ryhmä 3: rouskut, orakkaat, kangastatti, kehnäsieni ja mustavahakas

- yli 600 Bq/kg olevat pitoisuudet ovat yleisiä jo lievänkin laskeuman alueella.
- ¹³⁷Cs-pitoisuudet on ennen myyntiin laittamista mittauksin varmistettava.
- kehnäsienen ja etenkin mustavahakkaan kohdalla suositusraja ylittyy jokseenkin aina.

Punikkitatattien ryhmässä ¹³⁷Cs-pitoisuuksissa oli jonkin verran eroja eri lajien välillä. Koivunpunikkitatattien pitoisuudet olivat lähes kaksinkertaisia verrattuina männynpunikkitatattien pitoisuuksiin. Orakkaista vaaleaorakkaan ¹³⁷Cs-pitoisuudet olivat hieman korkeampia kuin samalta alueelta poimittujen rusko-orakkaiden. Eri haperolajien välillä ei ollut huomattavia eroja.

Muista tutkimukseen kuuluneista ruokasienistä (ei-kauppasienet) vähän cesiumia keräävien lajien ryhmään kuuluvat: herkkusienet, ukonsieni, kupusienet (nuijakuukuset, maamunat, tuhkelot), mustesienet, limanuljaska, kurtusieni. Rouskuista selvästi tehokkaimmin cesiumia keräävä laji on haaparusku. Muiden ruokasienenä käytettyjen rouskujen (kelta-, pikku-, sikuri-, lakritsi-, musta-, isovoirous) ¹³⁷Cs-pitoisuudet olivat pienempiä kuin haapa-

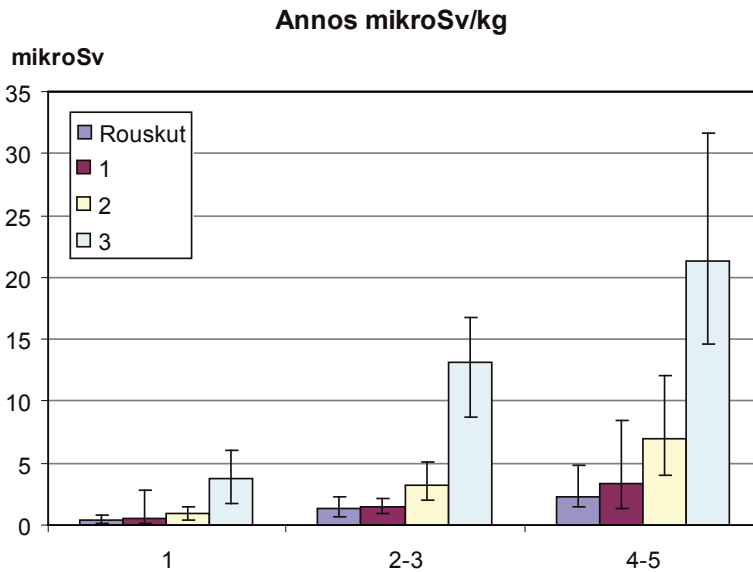
rouskun. Keltahelttavahakas on mustavahakkaan tavoin runsaasti cesiumia keräävä laji. Orakkaista suomuorakas kerää tehokkaimmin cesiumia.

5. Sienten mukana saadusta ^{137}Cs :stä aiheutuva säteilyannos

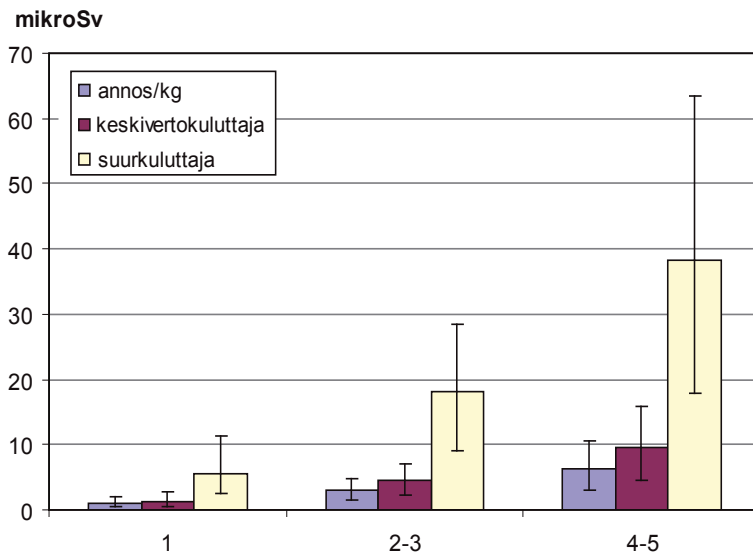
Cesiumin saantiin vaikuttavia tekijöitä ovat kulutusmäärä, käytettyjen sienten sisältämän cesiumin määrä sekä sienten käsittely ruuanlaiton yhteydessä. Sienten mukana saadusta ^{137}Cs :stä aiheutuva säteilyannos on pieni suhteessa keskiwertosuomalaisen kaikista säteilyn lähteistä saamaan noin 4 millisievertin suuruiseen vuosiannokseen, mistä alle prosentti tulee elintarvikkeiden kautta saatavasta ^{137}Cs :stä (Muikku et al, 2005). Vaikka joissakin ruokasienissä ^{137}Cs -pitoisuudet ovat korkeita, niistä aiheutuva säteilyannos jää pieneksi vähäisestä kulutusmäärästä johtuen. Metsäsienten keskimääräinen kulutus Suomessa vaihtelee puolesta kilosta kahteen kiloon henkeä kohti, joskin yksilöiden välillä kulutuksen vaihtelu on huomattavasti suurempaa.

Alla on laskettu esimerkkejä eri sienilajien käytöstä aiheutuvasta säteilyannoksesta laskeuma-alueittain vuonna 2008. Annokset on ilmoitettu mikrosieverteinä (μSv), $1 \mu\text{Sv} = 0,001$ millisievertiä (mSv). Kulutuksen jakautuminen eri sienilajien kesken voi vaihdella huomattavasti sekä satokausittain että kuluttajien mieltymysten mukaisesti. Sien samankin sienimäärän nauttimisesta saatava säteilyannos voi vaihdella huomattavasti riippuen sienilajeista ja poiminta-alueesta. Kuvassa 10 esitetty sienten käytöstä aiheutuva säteilyannos on laskettu sienikiloa kohti laskeuma-alueittain eri sieniryhmille: 1 = vähän cesiumia keräävät, 2 = kohtalaisesti cesiumia keräävät ja 3 = runsaasti cesiumia keräävät lajit sekä erikseen rouskuille, joiden kohdalla on huomioitu käsittelyn aiheuttama pitoisuuksien väheneminen (80 %). Muiden sieniryhmien kohdalla ei ole käytetty vähennystekijää, koska niihin kuuluvat sienet korvasientä lukuun ottamatta eivät vaadi esikäsittelyä.

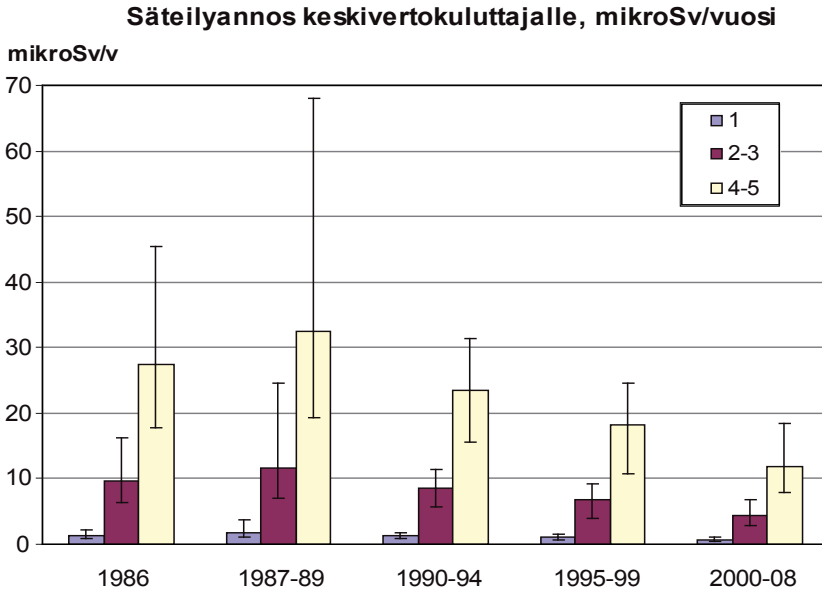
Kuvan 11 säteilyannokset on laskettu sekä sienikiloa kohti että käyttäen vuosikulutusmäärinä 1,5 kg keskiwertokuluttajalle ja 6 kg suurkuluttajalle. ^{137}Cs -pitoisuudet on otettu eri kauppasieniryhmien (rouskut, vahverot, tatit, haperot ja muut sienet) keskipitoisuuksista. Ryhmien paino-osuuksina on käytetty kotitalouksien eniten keräämien sienten määriä: rouskut 25 %, vahverot 38 %, tatit 17 %, haperot 10 % ja muut sienet 10 % (Feodoroff, 1999). Annoksia laskettaessa rouskujen osalta on huomioitu käsittelyn (keitto/suolaus/liotus) aiheuttama cesiumin väheneminen ja käytetty vähennystekijää 0,2.



Kuva 10. Eri ryhmiin kuuluvien sienien kulutuksesta aiheutuva säteilyannos sienikiloa kohti ($\mu\text{Sv/kg/v}$, mediaani, $q1-q3$) vuonna 2008 laskeuma-alueilla 1, 2–3 ja 4–5 sieniryhmittäin: rouskut, 1 = vähän, 2 = kohtalaisesti ja 3 = runsaasti cesiumia keräävät lajit.



Kuva 11. Sienten kulutuksesta aiheutuva vuosittainen säteilyannos ($\mu\text{Sv/v}$, mediaani, $q1-q3$) keskiverto- ja suurkanuluttajille sienikiloa kohti laskettuna laskeuma-alueilla 1, 2–3 ja 4–5 vuonna 2008.



Kuva 12. Sienistä keskivertokuluttajalle (1,5 kg/v) aiheutuva säteilyannos ($\mu\text{Sv/v}$, mediaani, q1–q3) eri vuosina laskeuma-alueilla 1, 2–3 ja 4–5.

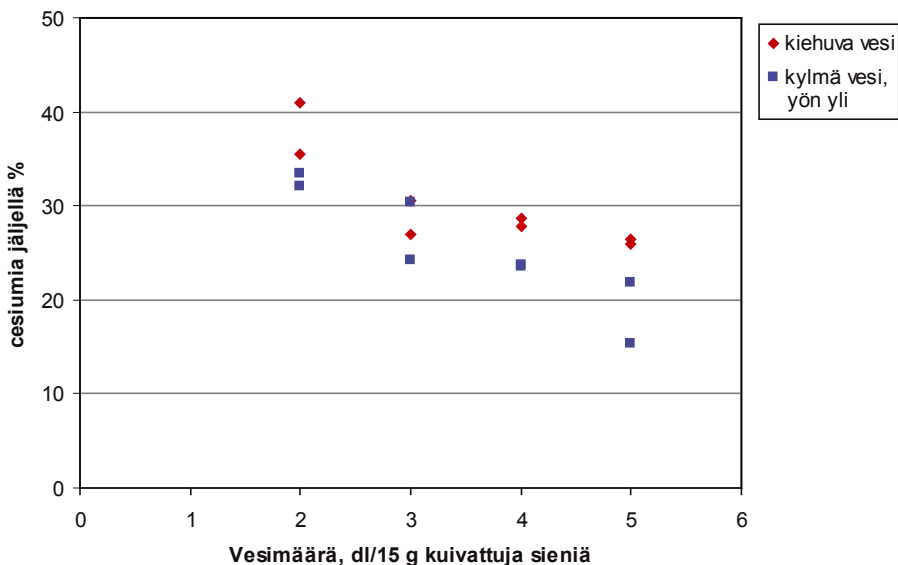
Sienten käytöstä aiheutuva vuosittainen säteilyannos on pienentynyt vuosien 1987–89 maksimiarvoista noin kolmanteen osaan 2000-luvun alkuun mennessä (Kuva 12). Annosta laskettaessa on otettu huomioon ^{134}Cs :n aiheuttama lisäys annokseen vuosina 1986–1994. Kulutusmääränä on käytetty kaikille vuosille samaa lukua 1,5 kg/vuosi.

Sienten käytöstä aiheutuvaa säteilyannosta voi halutessaan helposti vähentää valitsemalla vähän cesiumia kerääviä sienilajeja tai käsittelemällä eniten radioaktiivista cesiumia sisältäviin lajeihin kuuluvat sienet liottamalla tai keittämällä ennen käyttöä.

6. Cesiumin vähentäminen sienistä

Sienten radioaktiivisen cesiumin pitoisuutta voidaan vähentää sienten käsitte-
lyllä ruuanlaiton yhteydessä. Kun sieniä liotetaan tai keitetään vedessä, suuri
osa sienten sisältämästä radioaktiivisesta cesiumista siirtyy veteen. Cesiumin
vähentyminen perustuu liotus- tai keitinveden hylkäämiseen ruuanlaiton
yhteydessä.

Sieniä liottamalla tai keittämällä vedessä saadaan poistettua 70–80
prosenttia niiden sisältämästä cesiumista (Kostiainen, 2005). Käsittelyn tehok-
kuutta lisää runsas vesimäärä ja käsittelyn toistaminen. Suolaus tehostaa
cesiumin siirtymistä veteen. Käsittelyn tehokkuus voi olla jopa 90–95 prosenttia.
Kuivattujen tai suolattujen sienten liottaminen kylmässä vedessä yli yön
poistaa tehokkaammin cesiumia kuin lyhytaikainen liotus kuumassa vedessä
(Kuva 13). Pelkkä tuoreiden sienien huuhtelu kylmällä vedellä ei vähennä juuri-
kaan sienten ^{137}Cs -pitoisuutta, kun sitä vastoin yli yön liotus vähentää sitä jopa
70 prosenttia. Pakastetuista sienistä voi sulatuksen yhteydessä puristaa pois
nestettä, jolloin niiden ^{137}Cs -pitoisuus vähenee irtoavasta nestemäärästä riip-
puen parhaimmillaan puoleen alkuperäisestä. Tuoreita sieniä pannulla kuumen-
nettaessa niistä irtoaa nestettä, joka sisältää suuren osan sienissä olleesta cesiu-
mista. Kaatamalla pois tämä neste cesiumin määrä sienissä vähenee. Huuhtelu
pienellä vesimäärällä tehostaa tätä käsittelyä (Sieniesite, 2008).



Kuva 13. Vesimäärän vaikutus cesiumin vähenemiseen kuivattuja suppilovahveroita liotettaessa.

7. Sienten radioaktiivisen cesiumin mittaaminen

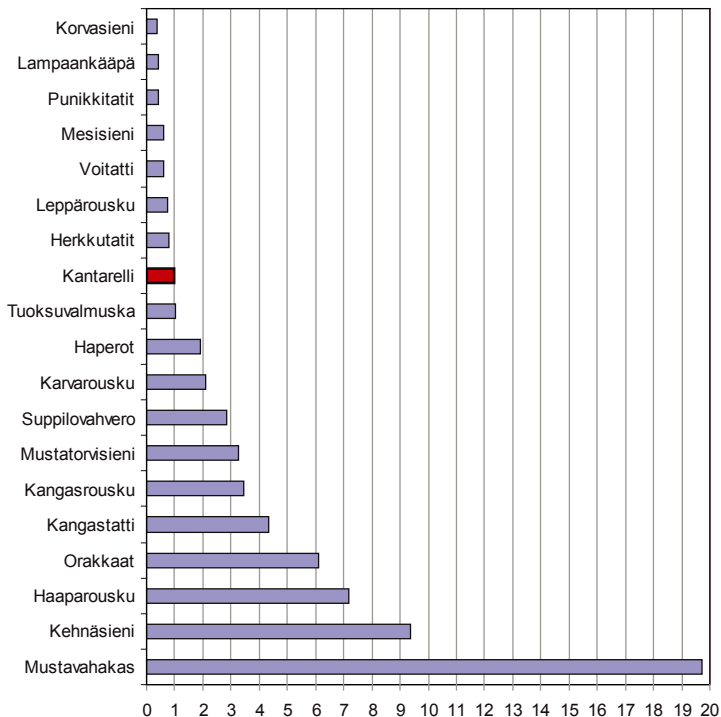
Suomessa on nelisenkymmentä elintarvike- ja ympäristölaboratoriota, jotka pystyvät määrittämään elintarvikkeiden radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia. Säteilyturvakeskus on hankkinut gammaspektrometriset mittauslaitteistot laboratorioden käyttöön ja vastaa niiden huollosta ja kalibroinnista. Mittauslaitteistot on tarkoitettu paikallisen säteilytilanteen selvittämiseen ja seurantaan. Niillä voidaan määrittää asiakkaiden toimittamista sieninäytteistä ^{137}Cs -pitoisuudet riittävällä tarkkuudella myyntiä koskevan raja-arvon (600 Bq/kg) valvontaa varten. Radioaktiivisten aineiden tarkkoja pitoisuusmäärittäyksiä akkreditoiduilla menetelmillä esimerkiksi vientitodistuksia varten tehdään Säteilyturvakeskuksessa. Verrattaessa paikallisissa laboratorioissa tehtyjä sienten mittauksia Säteilyturvakeskuksessa tehtyihin vastaavien näytteiden mittauksiin erot tuloksissa ovat olleet 3–40 prosenttia, keskimäärin alle 20 prosenttia (Kostiainen, Hallikainen, 2007). Tietoa radioaktiivisuusmittauksia tekevien laboratorioden sijainnista löytyy Säteilyturvakeskuksen kotisivuilta (www.stuk.fi).

Näytemittausta varten tarvitaan tuoreita sieniä noin puoli litraa. Näytteen edustavuus paranee, jos näytekoko on suurempi sisältäen laajemmalta alueelta poimittuja sieniä. Sieninäytteeseen otetaan mukaan sekä lakit että jalat, jollei kyseessä ole sienilaji, josta vain lakit käytetään ravinnoksi. Sienistä poistetaan roskat ja multa harjalla. Sienet huuhdotaan vain, mikäli näkyvä multa ei irtoa harjaamalla. Mittausastian tilavuus on 320 ml. Mittauslaboratoriossa sienet paloitellaan ja painellaan mahdollisimman tiiviisti mittausastiaan. Mittausastiaan otetaan pala jokaisesta näytteessä mukana olevasta sienestä, jos sieniä on runsaasti. Mikäli näytettä ei pystytä mittaamaan välittömästi, se voidaan pakastaa ja mitata myöhemmin sulatettuna. Pakastaminen on paras tehdä mittausastiassa, koska sulatettaessa sienistä irtoaa runsaasti nestettä. Nesteen mukanaolo mitattavassa näytteessä on tärkeää, sillä suuri osa cesiumista on nesteessä. Sulatettaessa erottuva neste aiheuttaa epähomogeenisuutta näytteeseen lisäten mittaustuloksen epävarmuutta keskimäärin 20 prosentilla.

Sienet voidaan mitata myös kuivattuina, jolloin ne jauhetaan tasaiseksi jauheeksi ennen mittauspurkkiin laittamista. Kuivattujen sienien mittaustulos voidaan muuntaa pitoisuudeksi tuorepainoa kohti käyttäen raportissa esitettyjä lajikohtaisia kuiva-ainepitoisuuksia tai sienille yleisesti käytettyä keskimääräistä kymmenen prosentin kuiva-ainepitoisuutta. EU:n suosittlemaa raja-arvoa sovelletaan tuoreiden sienien pitoisuuteen.

7.1 Sienten ^{137}Cs -pitoisuustason selvittäminen paikallisesti

Sienten ^{137}Cs -pitoisuuksien tasosta tietyllä alueella saadaan karkea arvio ottamalla näytteitä parista alueella runsaasti esiintyvistä ruokasienilajista erityyppisiltä kasvupaikoilta. Saatujen tulosten perusteella voidaan arvioida muiden sienilajien ^{137}Cs :n pitoisuustaso kyseisellä alueella. Kuvassa 14 sienet on järjestetty suuruusjärjestykseen cesiumin siirtymistehokkuuden mukaan käyttäen kantarellia vertailulajina. Kuvan avulla saadaan arvio alueen eri sienilajien pitoisuustasosta, kun tunnetaan joidenkin kyseiseltä alueelta poimittujen sienten ^{137}Cs -pitoisuudet. Kuvaa käytettäessä on kuitenkin huomioitava, että sen avulla saadaan vain hyvin karkea arvio pitoisuustasosta. Varsinkin, jos on kyse myyntiin menevistä sienistä ja ollaan lähellä suosituksen raja-arvoa tai vientisienien kohdalla ostajamaan antamia raja-arvoja, ^{137}Cs -pitoisuudet on aina syytä tarkistaa mittaamalla. Pitoisuudet vaihtelevat pienelläkin alueella paljon ja vuosien välillä voi olla eroja kosteusolosuhteissa ja sienten kasvupaikoissa, kasvupaikatkin vaihtelevat kosteusolosuhteiden mukaan. Vähäsateisina, kuivina syksyinä sienet kasvavat kangasmetsien sijasta soiden reunamilla, korpimetsissä ja varjoisilla pohjoisrinteillä. Nämä erilaiset kasvuolosuhteet aiheuttavat vuosittaista vaihtelua sienten ^{137}Cs -pitoisuuksiin.



Kuva 14. ^{137}Cs :n siirtymistehokkuus eri sienilajeihin verrattuna kantarelliin.

7.2 Myyntiin menevien sienten ^{137}Cs -pitoisuustason varmistaminen

Sienien ^{137}Cs -pitoisuudet on syytä mittauksin tarkistaa ennen myyntiin laittamista lampaankäppää, kantarellia ja herkkutattia lukuun ottamatta kaikkien sienilajien osalta laskeumavyöhykkeillä 4–5, jota tasoa on Suomen pinta-alasta vajaat 17 prosenttia. Yleisesti myytävien mustatorvisienten ja suppilovahveroiden kohdalla ^{137}Cs -pitoisuudet ylittävät usein EU:n myytävälle sienille asettaman suositusrajan 600 Bq/kg näillä alueilla. Rouskujen alun perin korkeat ^{137}Cs -pitoisuudet pienenevät käsittelyssä, joten kaupan olevien kiehautettujen ja suolattujen rouskujen pitoisuudet harvoin ovat yli 600 Bq/kg. Sienien kuivaaminen ei vähennä niissä olevan radioaktiivisen cesiumin määrää.

Kirjallisuusviitteet

Arvela H, Markkanen M, Lemmelä H. Mobile survey of environmental gamma radiation and fallout levels in Finland after the Chernobyl accident. *Radiation Protection Dosimetry* 1990; 32: 177-184.

Evira, STUK. Sieniesite. 2008. www.stuk.fi, www.evira.fi.

Feodoroff R. Metsäsienten käyttö Suomessa. Arktiset Aromit ry, 1999.

Kostiainen E, Hallikainen A. Sienien ¹³⁷Cs- ja elohopeapitoisuudet Sastamalan perusturvakuntayhtymän alueella vuonna 2005. [www-julkaisu 20.8.2007]. <http://www.evira.fi/attachments/elintarvikkeet/elintarviketietoa/vierasaineet/evira_stuk_pilot_hgcs_kalat.pdf>

Kostiainen E. Radioaktiivinen cesium Suomen kauppasienissä. *Elintarvike ja Terveys* 2008; (3): 36-40.

Kostiainen E. ¹³⁷Cs in Finnish wild berries, mushrooms and game meat in 2000-2005. *Boreal Environmental Research* 2007; 12:23-28.

Kostiainen E. Radiation doses from ¹³⁷Cs in forest products in Finland. International Conference on Environmental Radioactivity, from measurements and assessments to regulation, 23-27 April 2007, Vienna Austria. Book of extended synopsis, IAEA-CN-145, p.263.

Kostiainen E. ¹³⁷Cs metsämarjoissa, -sienissä ja riistanlihassa. Kirjassa: Ikäheimonen TK (toim.). Ympäristön radioaktiivisuus Suomessa – 20 vuotta Tshernobylistä. Symposium Helsingissä 25.–26.4.2006. STUK-A217. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2006. s. 56–60.

Kostiainen E T. Variation in ¹³⁷Cs uptake of edible mushrooms. In: Strand P, Børretzen P, Jølle T (eds). *Proceedings from the 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment*. 2-6 October 2005, Nice, France. Østerås, Norway: Norwegian Radiation Protection Authority; 2005. p. 270-273.

Kostiainen E. Household methods to reduce ¹³⁷Cs contents of mushrooms. In: Valentin J, Cederlund T, Drake P, Finne IE, Glansholm A, Jaworska A, Paile W, Rahola T (eds). *Radiological Protection in Transition – Proceedings of the XIV Regular Meeting of the Nordic Society for Radiation Protection, NSFS –*

Rättvik, Sweden, 27–31 August 2005. SSI Report 2005:15. Stockholm: Swedish Radiation Protection Authority; 2005. p. 343-346.

Maa- ja metsätalousministeriö. Luonnonmarjojen ja -sienten kauppaantulomäärät vuonna 2007. Helsinki, 2008.

Moisio S. Luonnontuotteiden talteenoton ja käytön edistämishjelma 2007-2010. Arktiset Aromit, 2006.

Muikku M, Arvela H, Järvinen H, Korpela H, Kostiainen E, Mäkeläinen I, Vartiainen E, Vesterbacka K. Annoskakku 2004 - suomalaisten keskimääräinen efektiivinen annos. STUK-A211. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2005.

Pelkonen R., Alfthan G., Järvinen O. Cadmium, lead, arsenic and nickel in wild edible mushrooms. The Finnish Environment 17/2006.

Rantavaara A. Radioactivity of vegetables and mushrooms in Finland after the Chernobyl accident in 1986. STUK-A59. Helsinki 1987.

Rissanen K, Ylipieti J, Norokorpi Y. ¹³⁷Cs concentrations in mushrooms collected in 1989-2000 at different forest stands in Kivalo experimental area. In: Pálsson S E, Icelandic Radiation Protection Institute (ed). NKS-35, Summaries of studies carried out in the NKS/BOK-2 project Technical report, December 2002. Denmark: Pitney Bowes Management Services, 2003:65-69

Salo A, Saxén R, Puhakainen M. Transport of airborne ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs deposited in the basins of the five largest rivers in Finland. Aqua Fennica 14, 1, 1984.

Sinkko K. Gammaspektrometrinen tietokoneanalyysi näytemittauksissa. Licensiaattitutkielma, Helsingin yliopisto. Helsinki; 1981.

Tuomisen yrttitarha, Lapin lääninhallitus, Kemi, Tervola, Tornio, Ylitornio, Pello, Kolari, LLAK, Lapin yrtti Oy. (1994). Metsäsienten kaupallinen hyödynttäminen, Loppuraportti.

Viinisalo M., Nikkilä M., Varjonen J. Elintarvikkeiden kulutusmuutokset kotitalouksissa vuosina 1966-2006. Kuluttajatutkimuskeskus, julkaisuja 7/2008.

Ylipieti J, Rissanen K, Kostiainen E, Salminen R, Tomilina O, Täht K, Gilucis A, Gregorauskiene V. Chernobyl fallout in the uppermost (0-3 cm) humus layer of

forest soil in Finland, North East Russia and the Baltic countries in 2000-2003. *Science of the Total Environment* 2008; 407: 315-323.

Ylipietä J, Härkönen V, Solatie D. ^{137}Cs Activity concentrations in mushrooms collected from two different types of habitats in Finnish Lapland. NKS-B Forest Seminar 2008 Oct 7-8; Helsinki, Finland. In: Vetikko V, Rantavaara A, Aro L, Plamboeck AH, Strålberg E (eds.). NKS-B FOREST Seminar, Helsinki, 7-8 October 2008. Proceedings. NKS-189. Roskilde, Denmark: Nordic Nuclear Safety Research; 2009. p. 77.

LIITE

Kauppasienet

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira on hyväksynyt myytäväksi soveltuvat kauppasienet (Eviran määräys 3/2007). Vain kauppasieniksi hyväksytyjä ruokasieniä saa myydä.

Herkkutatit

Herkkutatti

Boletus edulis

Männynherkkutatti

Boletus pinophilus

Tammenherkkutatti

Boletus reticulatus

Kangastatti

Suillus variegatus

Punikkitatit

Koivunpunikkitatti

Leccinum versipelle

Haavanpunikkitatti

Leccinum aurantiacum

Männynpunikkitatti

Leccinum vulpinum

Voitatti

Suillus luteus

Haaparouskut

Haaparousku

Lactarius trivialis

Kalvashaaparousku

Lactarius utilis

Kangasrousku

Lactarius rufus

Karvarousku

Lactarius torminosus

Leppärouskut

Männynleppärousku

Lactarius deliciosus

Kuusenleppärousku

Lactarius deterrimus

Isohapero

Russula paludosa

Kangashapero

Russula decolorans

Keltahapero

Russula claroflava

Viinihapero

Russula vinosa

Mustavahakas

Hygrophorus camarophyllus

Kehnäseni

Rozites caperatus

Mesisienet

Armillaria mellea -ryhmä

Keltavahvero

Cantharellus cibarius

Suppilovahvero

Cantharellus tubaeformis

Kosteikkovahvero

Cantharellus lutescens

Mustatorvisieni

Craterellus cornucopioides

Lampaankääpä

Albatrellus ovinus

Vaaleaorakas

Hydnum repandum

Rusko-orakas	<i>Hydnum rufescens</i>
Korvasieni	<i>Gyromitra esculenta</i>
Huhtasienet	<i>Morchella</i> spp.
Kartiohuhtasieni	<i>Morchella elata</i>
Pallohuhtasieni	<i>Morchella esculenta</i>
Kellohuhtasieni	<i>Morchella semilibera</i>
Tuoksuvalmuskas	<i>Tricholoma matsutake</i>
Viljellyt ruokasienet	

Muita tutkittuja ruokasienilajeja

Haperot	<i>Russula</i>
Koivuhapero	<i>Russula aeruginea</i>
Mantelihapero	<i>Russula integra</i>
Sillihaperot	<i>Russula xerampelina</i> coll.
Kangassillihapero	<i>Russula erythropoda</i>
Suppilohapero	<i>Russula delica</i>
Herkkusienet	<i>Agaricus</i> spp.
Anisherkkusieni	<i>Agaricus sylvicola</i>
Nurmiherkkusieni	<i>Agaricus campestris</i>
Peltoherkkusieni	<i>Agaricus arvensis</i>
Härmämalikka	<i>Lepista nebularis</i>
Juurekkaat	<i>Collybia</i>
Kalpeajuurekas	<i>Collybia dryophila</i>
Isojuurekas	<i>Megacollybia platyphylla</i>
Koivunkantosieni	<i>Kuehneromyces mutabilis</i>
Keltahaarakkaat	<i>Ramaria</i>
Keltahaarakas	<i>Ramaria flava</i>
Kuusihaarakas	<i>Ramaria eumorpha</i>
Kuusilahokka	<i>Hypholoma capnoides</i>
Limanuljaska	<i>Gomphidius glutinosus</i>
Lohisieni	<i>Laccaria bicolor</i>
Mesisieni	<i>Armillaria borealis</i>
Mustesienet	<i>Coprinus</i> spp.
Harmaamustesieni	<i>Coprinus atramentarius</i>
Suomumustesieni	<i>Coprinus comatus</i>
Nuijakuukunen	<i>Calvatia excipuliformis</i>
Piispanhiippa	<i>Gyromitra infula</i>
Rouskut	<i>Lactarius</i> spp.
Harmaarousku	<i>Lactarius vietus</i>

Isovoirousku	<i>Lactarius scrobiculatus</i>
Kangaspalsamirousku	<i>Lactarius mammosus</i>
Keltarousku	<i>Lactarius repraesentaneus</i>
Korpirousku	<i>Lactarius uvidus</i>
Lakritsirousku	<i>Lactarius helvus</i>
Mustarousku	<i>Lactarius turpis</i>
Pikkurousku	<i>Lactarius thejogalus</i>
Tatit	
Lehmäntatti	<i>Leccinum scabrum</i>
Lehtikuusentatti	<i>Suillus grevillei</i>
Nummitatti	<i>Suillus bovinus</i>
Ruskotatti	<i>Boletus badius</i>
Tuhkelot	<i>Lycoperdon spp.</i>
Känsätuhkelo	<i>Lycoperdon perlatum</i>
Ruskotuhkelo	<i>Lycoperdon umbrinum</i>
Ukonsieni	<i>Macrolepiota procera</i>
Vahakkaat	<i>Hygrophoraceae</i>
Hallavahakas	<i>Hygrophorus hypothejus</i>
Keltahelttavahakas	<i>Hygrophorus karstenii</i>
Mustavahakas	<i>Hygrophorus camarophyllus</i>
Valmuskat	<i>Tricholoma spp.</i>
Keltavalmuska	<i>Tricholoma flavovirens</i>
Sinivalmuska	<i>Lepista nuda</i>
Viiruvaimuska	<i>Tricholoma portentosum</i>

STUK-A-sarjan julkaisuja

STUK-A240 Kostiainen E, Ylipieti J. Radioaktiivinen cesium Suomen ruokasienissä. Helsinki 2010.

STUK-A239 Toroi P, Patient exposure monitoring and radiation qualities in two-dimensional digital x-ray imaging. Helsinki 2009.

STUK-A238 Ilus E, Environmental effects of thermal and radioactive discharges from nuclear power plants in the boreal brackish-water conditions of the northern Baltic Sea. Doctoral thesis. Helsinki 2009.

STUK-A237 Arvela H, Reisbacka H. Radonsanering av bostäder. Helsinki 2009.

STUK-A236 Saxén R, Rask M, Ruuhijärvi J, Vuorinen P, Rantavaara A, Koskelainen U. ¹³⁷Cs in small forest lakes of Finland after the Chernobyl accident. Helsinki: Radiation and Nuclear Safety Authority; 2009.

STUK-A235 Mustonen R, Sjöblom K-L, Bly R, Havukainen R, Ikäheimonen T, K, Kosunen A, Markkanen M, Paile W. Säteilysuojelun perussuosituksset 2007. Suomenkielinen lyhennelmä julkaisusta ICRP-103. Helsinki 2009.

STUK-A234 Belyakov O (Ed.). Non-targeted effects of ionising radiation. Proceedings of the RISC-RAD specialised

training course “Non-targeted effects of ionising radiation”. STUK – Radiation and Nuclear Safety Authority, Helsinki, Finland 14–16 February 2005. Helsinki 2008.

STUK-A233 Arvela H, Valmari T, Reisbacka H, Niemelä H, Oinas T, Mäkeläinen I. Radontalkoot – Tilannekatsaus 2008. Helsinki 2008.

STUK-A232 Kiljunen T, Patient doses in CT, dental cone beam CT and in projection radiography in Finland, with emphasis on paediatric patients. Helsinki 2008

STUK-A231 Tapiovaara M, Siiskonen T, PCXMC. A Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. Helsinki 2008

STUK-A230 Salomaa S, Sirkka L. (toim.), Tutkimushankkeet 2006-2008. Helsinki 2008

STUK-A229 Arvela H, Reisbacka H. Asuntojen radonkorjaaminen. Helsinki 2008

STUK-A-raportit STUKin verkkosivuilla:

http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/listaus/?sarja=STUK-A



Laippatie 4, 00880 Helsinki
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

ISBN 978-952-478-496-2

ISSN 0781-1705

Editat Prima Oy, Helsinki 2010